

OPTIMASI PARAMETER PROSES BUBUT PADA BAJA St 60 DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

*Fonsa Careca¹, Rusnaldy²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: carecafonso@yahoo.com

Abstrak

Sampai saat ini, media pendingin yang dipakai pada proses pemesinan masih mengandung zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan operator dan tidak ramah lingkungan. Oleh sebab itu diperlukan media pendingin alternatif yang aman, ramah lingkungan, dan efisien dalam penggunaannya. Beberapa solusi yang dapat diterapkan adalah dengan menggunakan *cooled air jet cooling* dan pendingin nitrogen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efek penggunaan *cooled air jet cooling*, nitrogen, dromus pada proses permesinan dan mengoptimisasi parameter-parameter sehingga diperoleh temperatur pahat, kekasaran permukaan, dan daya permesinan yang minimum. Proses pemesinan yang digunakan adalah proses bubut dengan material St 60. Metode penelitian yang digunakan adalah secara eksperimental. Posisi penyemprotan *overhead* dan tekanan penyemprotan yaitu 3 bar untuk pendinginan *cooled air jet cooling* dan nitrogen. Berdasarkan hal tersebut, hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah diperoleh nilai kekasaran permukaan, suhu pahat, dan daya permesinan yang bagus dengan parameter pembubutan optimum hasil dari analisa percobaan metode Taguchi. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa kondisi permesinan yang optimal untuk menghasilkan kekasaran permukaan paling halus pada *spindle speed* 1400 rpm, *feed rate* 0.125 mm/rev, *depth of cut* 1 mm, dan *cutting condition* dromus. Kondisi permesinan yang optimal untuk menghasilkan temperatur pahat paling rendah pada *spindle speed* 580 rpm, *feed rate* 0.113 mm/rev, *depth of cut* 0.25 mm, dan *cutting condition* nitrogen. Sedangkan kondisi permesinan yang membutuhkan daya permesinan paling kecil pada *spindle speed* 580 rpm, *feed rate* 0.136 mm/rev, *depth of cut* 0.25 mm, dan *cutting condition* dromus.

Kata kunci: proses permesinan, *cooled air jet cooling*, temperatur pahat, keausan pahat, kekasaran permukaan.

Abstract

Until now, the cooling medium used in the machining process still contains substances that are harmful to the health of the operator and not environmentally friendly. Therefore, it requires an alternative cooling medium that is safe, environmentally friendly, and efficient in its use. Some of the solutions that can be implemented are by using *cooled air jet cooling* and nitrogen cooling. The purposes of this study are to determine the effect of the use of *cooled air jet cooling*, nitrogen, dromus the machining process and optimize the parameters to obtain a chisel temperature, surface roughness, and minimum power machinery. The machining process which used is turning process of St 60. The used method is an experimental basis. Spraying of pressure is 3 bar for *cooled air jet cooling* and nitrogen on overhead positions. Based on it, the expected results of this study are obtained values of surface roughness, temperature chisels, and power machinery that is good with the optimum turning parameters analysis of experimental results from the Taguchi method. From the research, we concluded that the optimal machining conditions to produce the smoothest surface roughness are on a spindle speed of 1400 rpm, a feed rate of 0.125 mm / rev, depth of cut 1 mm, and dromus. Machining conditions to produce a chisel lowest temperature are at 580 rpm of spindle speed, feed rate of 0.113 mm/rev, depth of cut 0.25 mm, and nitrogen. While the machining conditions that require the smallest machining power are at 580 rpm spindle speed, feed rate of 0.136 mm / rev, depth of cut 0.25 mm, and dromus.

Keywords: machining processes, *cooled air jet cooling*, cutting tool temperature, surface roughness

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya permintaan untuk memperbesar produktivitas, maka dilakukan proses pemesinan dengan tingkat efisiensi waktu yang tinggi dengan tetap menjaga kondisi hasil benda kerja yang baik. Salah satu komponen dalam proses produksi yaitu sistem mesin perkakas berupa mesin bubut. Dalam perkembangannya mesin bubut tidak hanya digunakan untuk melaksanakan proses permesinan dengan batasan akurasi geometri produk tetapi juga secara otomatis dapat mengatur parameter proses permesinan sehingga proses dapat berjalan tetap dalam kondisi optimum yang dapat meningkatkan efisiensi.

Dalam perkembangannya, produktifitas permesinan dapat ditingkatkan dengan menaikkan putaran spindle dan kecepatan potong. Hal ini akan menyebabkan tingginya temperatur pada daerah pemotongan [1]. Timbulnya panas ini akan mempengaruhi keausan pahat dan kekasaran permukaan benda kerja yang menyebabkan cacat produk. Untuk itu dibutuhkan media pendingin yang dapat mengurangi tingginya temperatur sehingga dapat memperbaiki kekasaran permukaan dan mengurangi keausan pahat.

Media pendingin yang digunakan saat ini akan meningkatkan biaya proses manufaktur dan tidak ramah terhadap lingkungan karena penggunaan cairan pendingin mengandung zat yang berbahaya bagi kesehatan operator dan buruk dampaknya bagi lingkungan [2]. Ini berarti bahwa cairan pemotongan bekas tersebut perlu mendapat perlakuan khusus agar ketika dibuang ke alam dengan mudah dan cepat dapat terurai.

Media pendingin udara berkecepatan tinggi (*air jet cooling*) merupakan salah satu solusi yang dapat diterapkan saat ini karena dengan proses permesinan menggunakan pendingin udara merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi biaya produksi dan menerapkan proses permesinan yang ramah lingkungan. Aplikasi pendinginan menggunakan udara berkecepatan tinggi diharapkan menjadi nilai tambah pada usaha bengkel permesinan logam skala kecil dan menengah, karena secara ekonomis mampu mengurangi biaya untuk membeli cairan pendingin, membeli pahat akibat rendahnya umur pahat dan biaya pengiriman dan pengolahan limbah.

2. METODOLOGI

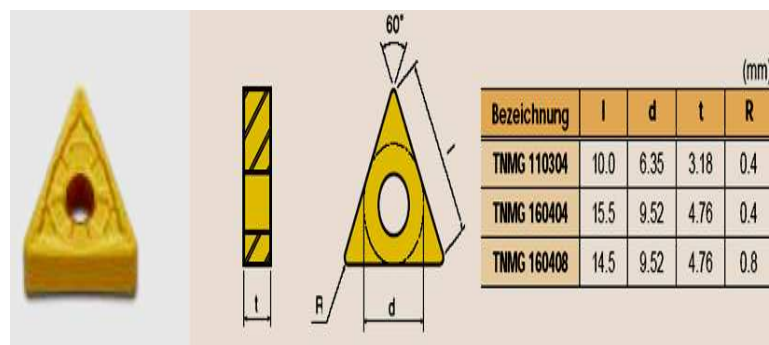
Dalam penelitian ini melakukan pegujian proses permesinan yang ramah lingkungan. Proses permesinan yang dilakukan yaitu proses bubut. Pendingin yang digunakan yaitu *cooled air jet cooling*, nitrogen, dan dromus.

Material benda kerja yang digunakan sebagai spesimen uji dalam penelitian ini adalah baja St 60. Baja St 60 termasuk baja karbon sedang. Pemilihan baja St 60 didasarkan karena bahan tersebut sering digunakan dalam industri manufaktur. Spesimen uji dibuat dengan ukuran panjang 500 mm dan diameter 36 mm.



Gambar 1. Spesimen benda kerja dari baja St 60

Pahat yang digunakan adalah TNMG 160404 FG CT 3000, produksi Taegutec Korea (Gambar 2) dan pahat ini memiliki kekerasan 93 HRA [3]. Pahat jenis ini dipakai untuk *finishing* pada proses pemesinan untuk material-material seperti *carbon steel*, *stainless steel* dan besi cor. Sedangkan *tool holder* yang digunakan adalah seri PTNFR1616 dengan sudut potong utama -6 derajat [4].



Gambar 2. Spesifikasi pahat

Metode penelitian yang dilakukan dengan metode Taguchi. Metode ini dicetuskan oleh Dr. Henichi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapatkan tugas untuk memperbaiki sistem telekomunikasi Jepang. Metode Taguchi merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber seminimal mungkin. Sasaran metode taguchi adalah menjadikan produk kokoh (*robust*) atau tidak sensitif terhadap berbagai faktor gangguan (*noise*), karena itu sering disebut sebagai desain kokoh (*robust design*) [5].

Pada percobaan ini menggunakan 4 buah faktor dan 3 level untuk setiap faktornya, sebagaimana terlihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Faktor dan level penelitian

Parameter	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
<i>Spindle speed</i>	A	580	850	1400
<i>Feed rate</i>	B	0.113	0.125	0.136
<i>Depth of cut</i>	C	0.25	0.5	1
<i>Cutting condition</i>	D	CAJC	Nitrogen	dromus

Setelah menemukan kombinasi dari tiap faktor, masukan nilainya sesuai dengan Tabel 1 sehingga diperoleh rancangan percobaan sesuai dengan Tabel 2

Tabel 2. *Orthogonal array* $L_9(3^4)$ dengan faktor dan level

Kondisi Permesinan	Spindle speed	Feed Rate	Depth of Cut	Cutting condition
1	580 rpm	0,113	0,25 mm	CAJC
2	580 rpm	0,125	0,5 mm	Nitrogen
3	580 rpm	0,136	1 mm	Dromus
4	850 rpm	0,113	0,5 mm	Dromus
5	850 rpm	0,125	1 mm	CAJC
6	850 rpm	0,136	0,25 mm	Nitrogen
7	1400 rpm	0,113	1 mm	Nitrogen
8	1400 rpm	0,125	0,25 mm	Dromus
9	1400 rpm	0,136	0,5 mm	CAJC

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Di bawah ini merupakan hasil dari pengukuran kekasaran permukaan

Tabel 3. Nilai rata-rata kekasaran permukaan

Percobaan	Nilai rata-rata kekasaran permukaan hasil pemotongan (μm)
1	3.070
2	2.420
3	2.115
4	1.541
5	1.656
6	2.760
7	1.390
8	1.727
9	2.102

Di bawah ini merupakan hasil dari pengukuran temperatur pahat.

Tabel 4. Nilai rata-rata temperatur pahat

Percobaan	Nilai rata-rata temperatur pahat (°C)
1	3.070
2	2.420
3	2.115
4	1.541
5	1.656
6	2.760
7	1.390
8	1.727
9	2.102

Di bawah ini merupakan hasil dari pengukuran daya permesinan.

Tabel 5. Nilai rata-rata daya mesin

Percobaan	Nilai rata-rata daya mesin (watt)
1	880.00
2	916.67
3	872.67
4	902.00
5	960.67
6	931.33
7	1129.33
8	990.00
9	1056.00

Berikut ini merupakan hasil dari respon pengaruh level terhadap kekasaran permukaan.

Tabel 6. Respon pengaruh level terhadap rata-rata kekasaran permukaan

Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindle Speed</i>	2.535	1.985	1.740	0.795	2
<i>Feed Rate</i>	2.000	1.934	2.326	0.391	4
<i>Depth of Cut</i>	2.519	2.021	1.720	0.798	1
<i>Cutting Condition</i>	2.276	2.190	1.794	0.482	3

Berikut ini merupakan hasil dari respon pengaruh level terhadap temperatur pahat.

Tabel 7. Respon pengaruh level terhadap rata-rata temperatur pahat

Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindle Speed</i>	27.78	28.33	28.44	0.67	3
<i>Feed Rate</i>	28.00	28.56	28.00	0.56	4
<i>Depth of Cut</i>	26.89	28.22	29.44	2.56	2
<i>Cutting Condition</i>	30.56	25.33	28.67	5.22	1

Berikut ini adalah hasil dari respon pengaruh level terhadap daya mesin.

Tabel 8. Respon pengaruh level terhadap rata-rata daya mesin

Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindle Speed</i>	889.78	931.33	1058.44	168.67	1
<i>Feed Rate</i>	970.44	955.78	953.33	17.11	4
<i>Depth of Cut</i>	933.78	958.22	987.56	53.78	3
<i>Cutting Condition</i>	965.56	992.44	921.56	70.89	2

Berikut ini hasil perhitungan ANOVA dari respon pengaruh level terhadap kekasaran permukaan.

Tabel 9. ANOVA nilai rata-rata kekasaran permukaan

Faktor	Sum of Square	Degree of Freedom	Mean Square	F Hitung	F1	SS'	Kontribusi (%)
<i>Spindle Speed</i>	0.975	2	0.488	2193.750	>3,55	0.975	37.145
<i>Feed Rate</i>	0.263	2	0.132	592.514	>3,55	0.263	10.019
<i>Depth of Cut</i>	0.991	2	0.496	2229.451	>3,55	0.991	37.749
<i>Cutting Condition</i>	0.396	2	0.198	891.690	>3,55	0.396	15.087
Error	0.004	18	0.00022				
Total	41.821					2.624	100

Berikut ini hasil perhitungan ANOVA dari respon pengaruh level terhadap temperatur pahat.

Tabel 10. ANOVA nilai rata-rata temperatur pahat

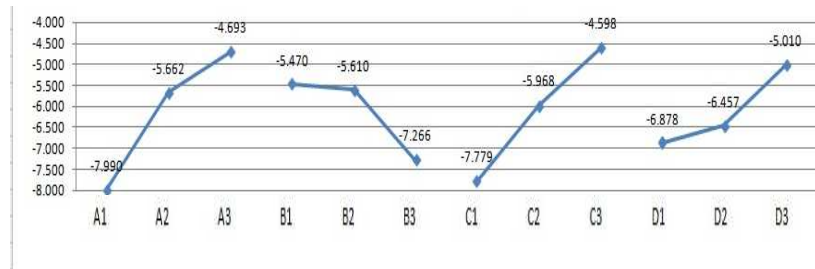
Faktor	Sum of Square	Degree of Freedom	Mean Square	F Hitung	F1	SS'	Kontribusi (%)
<i>Spindle Speed</i>	0.77	2	0.383	344.44	>3.55	0.76	1.44
<i>Feed Rate</i>	0.62	2	0.309	277.78	>3.55	0.62	1.16
<i>Depth of Cut</i>	9.78	2	4.890	4401.00	>3.55	9.78	18.41
<i>Cutting Condition</i>	41.95	2	20.975	18877.78	>3.55	41.95	78.99
Error	0.02	18	0.001				
Total	7202.78					53.10	100

Berikut ini adalah hasil perhitungan ANOVA dari respon pengaruh level terhadap daya mesin.

Tabel 11. ANOVA nilai rata-rata daya mesin

Faktor	Sum of Square	Mean Square	F Hitung	F1	SS'	Kontribusi (%)
<i>Spindle Speed</i>	46313.16	23156.58	10668.50	>3.55	46308.81	78.72
<i>Feed Rate</i>	494.64	247.32	113.94	>3.55	490.29	0.84
<i>Depth of Cut</i>	4350.02	2175.01	1002.05	>3.55	4345.68	7.39
<i>Cutting Condition</i>	7683.81	3841.91	1770.01	>3.55	7679.47	13.05
Error	39.07	2.17				
Total	8350720.89				58824.26	100

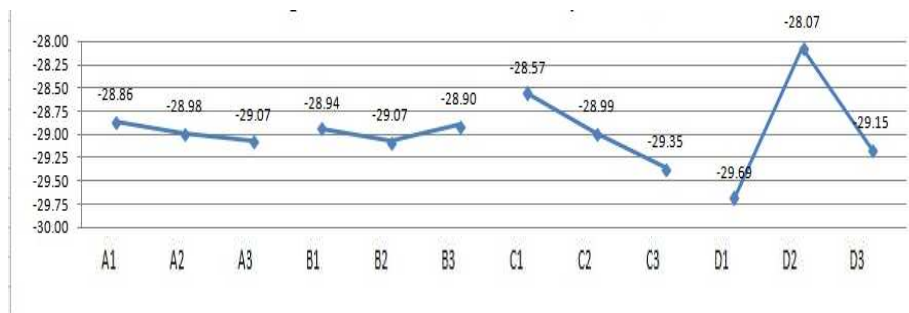
Dari tabel-tabel analisa di atas, dapat diubah ke dalam bentuk grafik sehingga akan memudahkan untuk melakukan pembahasan hasil. Berikut ini adalah gambar-gambar grafik hasil eksperimen metode Taguchi.



Gambar 3. Grafik respon kekasaran permukaan

A1= 580 rpm B1= 0.113 mm/rev C1= 0.25 mm D1= *cooled air jet cooling*
A2= 850 rpm B2= 0.125 mm/rev C2= 0.5 mm D2= nitrogen
A3= 1400 rpm B3= 0.136 mm/rev C3= 1 mm D3= dromus

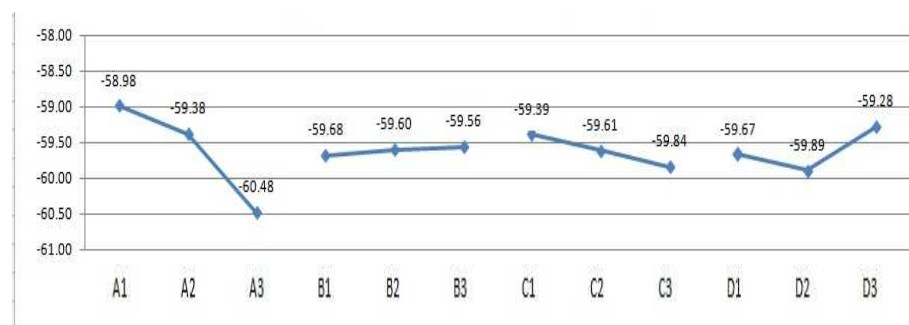
Pada grafik kekasaran Gambar 3 dapat diketahui bahwa, nilai kekasaran yang paling halus dihasilkan ketika *spindle speed* 1400 rpm, *feed rate* 0.125 mm/rev, *depth of cut* 1 mm, dan *cutting condition* dromus.



Gambar 4. Grafik respon temperatur pahat

A1= 580 rpm B1= 0.113 mm/rev C1= 0.25 mm D1= *cooled air jet cooling*
A2= 850 rpm B2= 0.125 mm/rev C2= 0.5 mm D2= nitrogen
A3= 1400 rpm B3= 0.136 mm/rev C3= 1 mm D3= dromus

Untuk grafik temperatur pahat Gambar 4 dapat diketahui bahwa, nilai temperatur pahat yang paling rendah dihasilkan ketika *spindle speed* 580 rpm, *feed rate* 0.113 mm/rev, *depth of cut* 0.25 mm, dan *cutting condition* nitrogen.



Gambar 5. Grafik respon daya mesin

A1= 580 rpm B1= 0.113 mm/rev C1= 0.25 mm D1= *cooled air jet cooling*
A2= 850 rpm B2= 0.125 mm/rev C2= 0.5 mm D2= nitrogen
A3= 1400 rpm B3= 0.136 mm/rev C3= 1 mm D3= dromus

Dan untuk grafik daya mesin Gambar 5 dapat diketahui bahwa, nilai daya mesin yang paling rendah dihasilkan ketika *spindle speed* 580 rpm, *feed rate* 0.136 mm/rev, *depth of cut* 0.25 mm, dan *cutting condition* dromus.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pengujian proses pembubutan baja St 60 variasi pendingin menggunakan metode taguchi adalah sebagai berikut.

- 1) Kondisi permesinan yang menghasilkan kekasaran permukaan paling halus pada *spindle speed* 1400 rpm, *feed rate* 0.125 mm/rev, *depth of cut* 1 mm, dan *cutting condition* dromus.
- 2) Kondisi permesinan yang menghasilkan temperatur pahat paling rendah pada *spindle speed* 580 rpm, *feed rate* 0.113 mm/rev, *depth of cut* 0.25 mm, dan *cutting condition* nitrogen
- 3) Kondisi permesinan yang membutuhkan daya permesinan paling kecil pada *spindle speed* 580 rpm, *feed rate* 0.136 mm/rev, *depth of cut* 0.25 mm, dan *cutting condition* dromus..

5. REFERENSI

- [1] Dhar, N.R., Islam, S., Kamruzzaman, M., (2007), "Effect of minimum qantity lubrication (MQL) on tool wear, surface roughness and dimensional deviation in turning AISI-4340 steel", *G.U. Journal of Science* 20 (2), 23 – 32.
- [2] Kauppinen, V., (2002), "Environmentally reducing of coolants in metal cutting", *Proceedings University's Days 8th International Conference*, Helsinki University of Technology.
- [3] Taegutec, (2008), "*Taegu Turn Insert Master*", Korea.
- [4] Paryanto, Rusnaldy, Umardani, Y., Iskandar, N., (2010a), "Optimalisasi besarnya sudut potong pahat pada proses *roughing* AISI 1040 menggunakan metode elemen hingga", *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2010*, UNWAHAS Semarang, C16 – 21.
- [5] Soejanto, Irwan. 2009. "*Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*". Bandung : Graha Ilmu.